

Abbildung 1 Falscher Mehltau auf der Blattunterseite von Salat

Julius Kühn-Institut und Züchterverein Kultursaat e. V. arbeiten zusammen

Falscher Mehltau: Neue Resistenzstrategien im Öko-Salatanbau

Der ökologische Anbau von Salat ist durch den Falschen Mehltau stark gefährdet. Monogene Resistenzen reichen für einen dauerhaften Schutz der Pflanzen nicht mehr aus. Neue Züchtungsstrategien bieten innovative Lösungen.

Falscher Mehltau an Salat ist eine der gefürchtetsten Krankheiten im ökologischen Anbau und geht meist mit hohen Ertragsverlusten einher. Bei Salat brechen häufig ganze Sätze zusammen (Abbildung 1).

Resistente Sorten bieten seit Jahren keinen ausreichenden Schutz mehr. Im integrierten Anbau werden daher neben einer

streikten Einhaltung betriebshygienischer Maßnahmen zusätzlich vorbeugende Fungizidbehandlungen vor allem im Jungpflanzenstadium empfohlen, um einen umfassenden Schutz vor einem Befall mit Falschem Mehltau und damit eine hohe Anbausicherheit zu erreichen. Für den ökologischen Anbau fehlen wirksame Maßnahmen zur Regulierung des Falschen Mehltaus.

Zwei Forschungsprojekte wurden im Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) von der Bundesanstalt für Landwirtschaft gefördert. In der Zusammenarbeit zwischen dem Julius Kühn-Institut und dem Züchterverein Kultursaat e. V. wurden in den Projekten völlig neue Lösungswege beschritten,



Abbildung 2 Liniengemisch bei Bataviasalat

Tabelle 1: Anzahl nachgewiesener Virulenzfaktoren von *B. lactucae* an den einzelnen Standorten in den Jahren 2011 bis 2014

Testung am EU-B Differenzialsortiment mit 22 Testpflanzen

Jahr	Anzahl nachgewiesener Virulenzfaktoren von 22 untersuchten an den Standorten			
	Holste	Kleinmachnow	Müllheim	Überlingen
2011	21	16	15	15
2012	17	16	18	19
2013	16	10	-	17
2014	18	16	20	19

Quelle: Eigene Ergebnisse

Tabelle 2: Erntefähigkeit von Sorten / Linien nach dreijähriger Anpassung an den Standort (Referenz) im Vergleich zum Ausgangsmaterial (Ursprung) im Frühjahr- und Herbstsatz

Sorte/Linie	Frühjahrsatz				Herbstsatz			
	Holste	Kleinmachnow	Müllheim	Überlingen	Holste	Kleinmachnow	Müllheim	Überlingen
Ardeola	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz besser als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz besser als Ursprung
Rolando	kein Unterschied zwischen Referenz und Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung			kein Unterschied zwischen Referenz und Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung		
Linie 92	kein Unterschied zwischen Referenz und Ursprung	Referenz besser als Ursprung			kein Unterschied zwischen Referenz und Ursprung	Referenz besser als Ursprung		
Cindy	Referenz schlechter als Ursprung		Referenz schlechter als Ursprung	Referenz besser als Ursprung	kein Unterschied zwischen Referenz und Ursprung		Referenz besser als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung
Linie 42	Referenz besser als Ursprung		Referenz schlechter als Ursprung	Referenz besser als Ursprung	kein Unterschied zwischen Referenz und Ursprung		Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung
Linie 63	Referenz schlechter als Ursprung			Referenz besser als Ursprung				
Linie 20	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung		Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung		Referenz schlechter als Ursprung
Linie 24	Referenz besser als Ursprung		Referenz besser als Ursprung		Referenz schlechter als Ursprung		Referenz besser als Ursprung	
Linie 22	Referenz besser als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz besser als Ursprung	Referenz besser als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz schlechter als Ursprung	Referenz besser als Ursprung

Referenz besser als Ursprung
 kein Unterschied zwischen Referenz und Ursprung
 Referenz schlechter als Ursprung
 Erntefähigkeit insgesamt zu niedrig für Aussage
 nicht untersucht

mit dem Ziel, dem Erreger dauerhaft und wirksam begegnen zu können.

Erregervielfalt und Resistenz

Der Erreger *Bremia lactucae* ist äußerst variabel und bildet eine Vielzahl an physiologischen Rassen mit unterschiedlichen Virulenzfaktoren. Derzeit sind 32 Rassen offiziell gelistet. Darüber hinaus kommen lokal unzählige weitere Erregerformen (mit weiteren Virulenzfaktoren oder unterschiedlichen Kombinationen an Virulenzfaktoren) vor, die zum größten Teil ebenso wie die bekannten Rassen hoch aggressiv sind.

Im Rahmen der Projekte wurden umfangreiche Untersuchungen zur Rassenanalyse von *B. lactucae* von drei Praxisstandorten und einem Versuchsstandort in Deutschland durchgeführt.

Dabei konnten von den 92 untersuchten Isolaten lediglich vier einer offiziell gelisteten Rasse zugeordnet werden. Alle anderen Isolate unterschieden sich in einem oder mehreren Virulenzgenen.

An den Praxisstandorten mit intensivem Salatbau wie Holste und Überlingen wies der Erreger ein breites, am Versuchsstandort Kleinmachnow ein weniger breites Virulenzspektrum auf (Tabelle 1).

An einem Standort treten meist mehrere Erregerformen auf. Auch wurden lokal gravierende Veränderungen im Virulenzspektrum von einem Jahr zum anderen nachgewiesen (Abbildung 5). Das kann ein verändertes Resistenzverhalten von Sorten gegenüber Falschem Mehltau zur Folge haben.

Bei Salat beruht die Sortenresistenz vorrangig auf rassenspezifischer, monogener vererbter Resistenz nach dem Gen-für-Gen-Konzept. In der Züchtung werden möglichst viele

Resistenzgene in einer Sorte vereint. Diese Sorten gelten in der Praxis allgemein als vollresistent. Die Resistenz ist jedoch weder vollständig, noch ist sie in der Regel von großer Dauer. Auf Grund des sich ständig anpassenden Erregers werden monogene, rassenspezifische Resistenzen immer wieder und immer schneller durchbrochen.

Eine Möglichkeit, diesem Wettlauf mit der Zeit in der Resistenzzüchtung zu entkommen, wird darin gesehen, andere Resistenzmechanismen nutzbar zu machen.

Neue innovative Lösungen

Diese Problematik mit Falschem Mehltau in der Salatproduktion verlangt neue Denkansätze in der Resistenzzüchtung. In den im BÖLN geförderten Projekten ging es deshalb zum einen darum, neue Wege aufzuzeigen, um eine dauerhafte Krankheitsresistenz gegenüber Falschem Mehltau zu erhalten. Zum anderen ging es darum, die Sortenentwicklung für den ökologischen Anbau insgesamt zu forcieren.

An neue Sorten werden hohe Leistungsanforderungen gestellt, besonders auch im Hinblick auf eine sparsame Nutzung

natürlicher Ressourcen und die Anpassung an sich verändernde klimatische Bedingungen.

Ziel der beiden Projekte war es, Sorten und Linien mit deutlich verbesserten Eigenschaften zu entwickeln. Dabei ging es in erster Linie um eine hohe Krankheitsresistenz und eine verbesserte Stresstoleranz bei gutem Nährstoffverwertungsvermögen. Die Sorten sollen in ihren Produkteigenschaften neben Anbausicherheit eine hohe Qualität einschließlich eines hervorragenden Geschmacks aufweisen.

Für die Erreichung des Ziels wurden für den Salatbau völlig neue Lösungswege geprüft und evaluiert. Zum einen soll durch dezentrale Züchtung eine Anpassung von Sorten und Linien an lokale Gegebenheiten (Standortanpassung), zum anderen mit dem Anbau von Liniengemischen eine partielle Durchmischung bei Salat und damit eine variabelere Reaktion auf Krankheiten und andere Stressfaktoren erreicht werden.

Standortanpassung durch dezentrale Züchtung

Zur Erprobung dieser Züchtungsstrategie wurden parallel zueinander weitgehend homogene Linien durch Individualauslese an vier Standorten in Deutschland selektiert und neue Kreuzungen durchgeführt.

Die Anpassung an die Standorte wurde über drei Vegetationsjahre durchgeführt. Im Jahr 2014 wurden die lokal am besten angepassten Sorten/Linien im Vergleich zu ihrem Ursprungsaatgut aus 2011 am jeweiligen Standort verglichen.

Dabei zeigte sich, dass die Sorten und Linien weniger flexibel auf die lokalen Gegebenheiten reagierten als erwartet (Tabelle 2: grüne Kästchen in der Tabelle

www.gemuese-online.de

Möchten Sie mehr wissen?

Weitere Informationen zu diesem Beitrag finden Sie auf unserer Homepage www.gemuese-online.de. Geben Sie im Suchfeld einfach den Webcode 4914331 ein.

bedeuten eine flexible Reaktion der Sorten und somit eine gute Anpassung, beige und orange dagegen keine Anpassung). Es konnte jedoch herausgestellt werden, welche der geprüften Sorten/Linien für den ökologischen Anbau an welchen Standorten besonders gut geeignet sind.

Bei Veränderungen im Virulenzspektrum von *B. lactucae*, wie z.B. in den Jahren 2011 zu 2012 und 2013 zu 2014 am Standort Holste, wurde ein völlig gegensätzliches Resistenzverhalten von Sorten/Linien am Standort festgestellt (Abbildung 3).

So zum Beispiel zeigten die Linien V 92 und V 42 mit vorwiegend monogenen Resistenzen im Herbstanbau in den Jahren 2011 bis 2014 entweder keine oder nur äußerst geringe oder aber sehr starke Ertragsausfälle durch Falschen Mehltau. Die Bataviasalate (Linien V 20 und V 22) mit polygen bedingten Resistenzen waren dagegen weitaus stabiler. Aufgrund ihrer

sehr guten Wüchsigkeit können Bataviasalate dem Befall mit Falschem Mehltau regelrecht davonwachsen, sodass der Befall nur auf die unteren Blätter begrenzt bleibt. Somit wird die Marktfähigkeit nicht beeinflusst.

Anbau von Liniengemischen

Bei dieser Strategie wurden Liniengemische aus reinen Linien phänotypisch ähnlicher Salate vergleichend an drei Standorten gemischt aufgepflanzt und mit den entsprechenden Nachkommenschaften aus Ramschen verglichen. Salat als Selbstbefruchter ist genetisch homozygot. Durchweg heterozygote Pflanzen sind bei Salat nicht herzustellen. Eine komplette genetische Durchmischung an der einzelnen Pflanze ist dauerhaft nicht möglich. Mit einer Durchmischung des Feldbestands soll die Möglichkeit einer variableren

Reaktion auf Umweltbedingungen wie auch gegenüber sich neu entwickelnden Erregerformen des Falschen Mehltaus geschaffen werden.

Wie sich zeigte, ist bei den Liniengemischen der Nachbau im Ramschverfahren nicht zu empfehlen, da sich innerhalb eines Gemisches über die Jahre kein Gleichgewicht hinsichtlich ihrer Zusammensetzung einstellt und die Entwicklung somit unkontrollierbar wird. Liniengemische, die jährlich frisch zusammengestellt wurden, waren dagegen sehr stabil und widerstandsfähig gegenüber Krankheiten, besonders gegenüber Falschem Mehltau.

Die Ertragsfähigkeit der Liniengemische war im Vergleich zu der der reinen Sorten/Linien deutlich höher, wie am Beispiel des Standorts Holste dargestellt (Abbildung 4). Totalausfälle wie bei den reinen Linien und Sorten waren bei den Liniengemischen nicht zu verzeichnen.

Die Homogenität der Gemische ist zumindest für die Direktvermarktung und den Einzelhandel im Habitus hoch genug. Eine mit reinen Linien vergleichbare Homogenität der Erntereife kann durch die geeignete Zusammensetzung der Gemische erreicht werden.

Bei den Bataviagemischen waren die Anteile marktfähiger Exemplare insgesamt höher. Gegenüber dem Anbau einzelner Sorten war der Vorteil der Liniengemische geringer als bei den Kopfsalaten, da es beim Batavia eine recht zuverlässige Feldtoleranz gegenüber dem Falschen Mehltau gibt.

Bei den Bataviasalaten ist es schwierig, phänotypisch einheitliche Gemische zu erhalten. Wird hier die Zusammensetzung bewusst vielfältig angestrebt, könnte als Vermarktungsstrategie die „bunte Kiste“ in den Verkauf kommen (Abbildung 2).

Abbildung 3: Pflanzenausfälle durch *B. lactucae* in %

Kopfsalate (Ardeola, V92, V42) und Batavia (V20, V22) im Vergleich zur anfälligen (Neckarriesen) und resistenten (Analena) Standardsorte am Standort Holste 2011 bis 2014

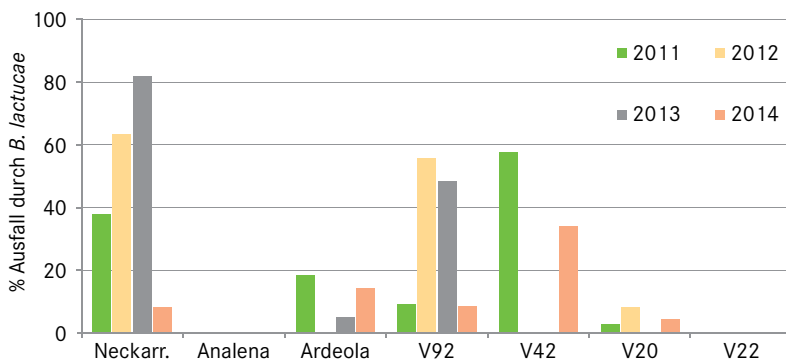
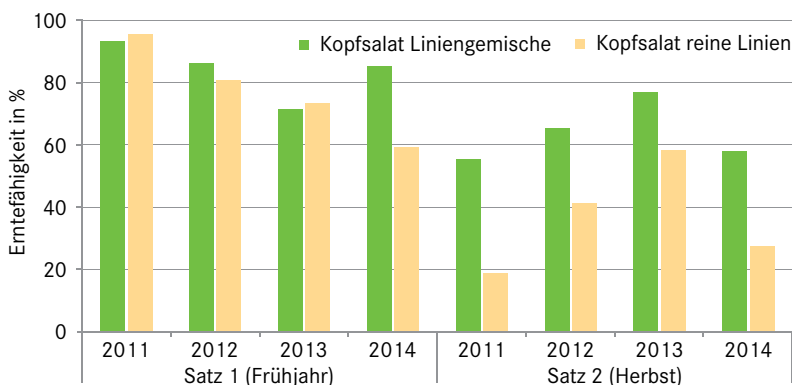


Abbildung 4: Prozentualer Anteil erntefähiger Kopfsalate im Vergleich Liniengemische zu reinen Sorten im Frühjahr- und Herbstsatz Holste 2011 bis 2014 (Mittelwertvergleich)



Umsetzung in die Praxis bedarf weiterer Prüfung

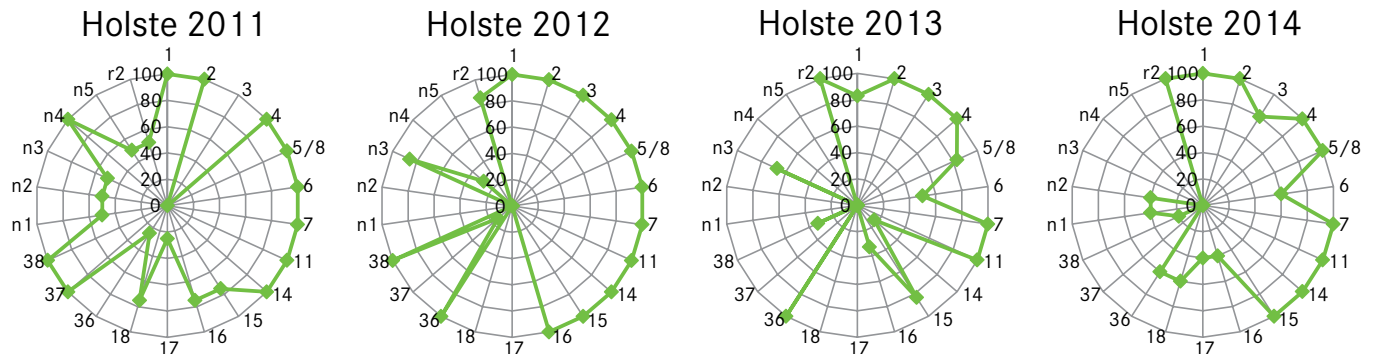
Generell haben beide Lösungsansätze ein hohes Potenzial, um für den ökologischen Anbau geeignete Sorten zur Verfügung zu stellen.

Eine Standortanpassung durch dezentrale Züchtung sollte frühzeitig beginnen. Die Kreuzungen mit einem variableren genetischen Hintergrund können sich bei dezentraler Züchtung besser auf die lokalen Gegebenheiten einstellen, als es bei den schon weiter entwickelten Linien der Oldendorfer Saatzeit und den Sorten in den Prüfungen im Feld der Fall war.

Als Ergebnis der Standortanpassung durch dezentrale Züchtung wird die Züchtervereinigung Kultursaat e.V. mehrere lokal

Abbildung 5: Prozentuale Häufigkeit der Virulenzfaktoren von *B. lactucae* am Standort Holste in den Jahren 2011 bis 2014

(primäre Vertikalachse- Häufigkeit von 0 % bis 100 %, Rubrikachse-Virulenzfaktoren, dargestellt als 1 bis r2, Testung am EU-B Differentialsortiment)



angepasste Sorten beim Bundessortenamt zur Sortenzulassung anmelden.

Eine größere Ertragssicherheit besonders in Anbauregionen mit einer hohen Gefährdung durch den Erreger des Falschen Mehltaus kann erreicht werden, wenn in den Herbstsätzen die Kopfsalate durch Bataviaformen ersetzt werden.

Liniengemische sind nach den Ergebnissen aus den Forschungsprojekten der geeignetere Lösungsweg, um eine bessere Anpassungsfähigkeit gegenüber Stressfaktoren zu erreichen und in die Praxis umzusetzen. Mit der Durchmischung wird die Vielfalt innerhalb der Pflanzenart gefördert, sodass bei der Regulierung von Krankheiten die Vielfalt der Resistenzen ausgenutzt werden kann.

Bei Getreide ist dieser Ansatzpunkt schon vielfach und erfolgreich erprobt worden. Bei Salat wurden erstmals Versuche mit Sorten- und Linienmischungen in Frankreich und Schweden erprobt.

Dabei wurden Effekte beobachtet, die den Befall durch Falschen Mehltau im Anbau

von Salat deutlich reduzieren können. Diese Effekte beruhen unter anderem darauf, dass aufgrund der Durchmischung ein geringerer Selektionsdruck auf den Erreger ausgeübt wird und sich dieser weniger schnell anpassen kann.

Die Gefahr einer schnellen Anpassung und Ausbildung einer neuen Rasse wird damit vermindert und Resistenzen werden weniger schnell durchbrochen. Große Bedeutung kommt hierbei der Mischung der Sorten zu, die entsprechend den Gegebenheiten bezüglich Anbaubedingungen und den vorkommenden Erregerpopulationen von *B. lactucae* anzupassen sind.

Bei den Liniengemischen sind weitere Untersuchungen zur Optimierung und Neuzusammenstellung erforderlich, um lokal eine breite Palette geeigneter Liniengemische bereitstellen zu können.

Nach erster positiver Reaktion seitens der Anbauer hinsichtlich der Anbauwürdigkeit sind die Liniengemische weiterhin in Betrieben unterschiedlicher Regionen auf ihre Praxistauglichkeit zu prüfen.

Letztendlich sind besonders für die bunten Kisten neue Vermarktungsstrategien aufzubauen.

Für eine erfolgreiche Umsetzung in die Praxis ist neben der Akzeptanz der Anbauer auch die der Händler und der Verbraucher eine wichtige Voraussetzung.

DIE AUTORINNEN

Dr. Ute Gärber

ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst am Julius Kühn-Institut (JKI) und seit 1979 im Pflanzenschutz auf dem Gebiet pilzlicher Schaderreger an Gemüse- sowie Arznei- und Gewürzpflanzen tätig.

ute.gaerber@jki.bund.de



Ulrike Behrendt,

Dipl.-Ing., arbeitet seit 1992 als Züchterin in diversen Gemüsesorten und ist aktives Mitglied im Züchterverein Kultursaat e. V., Echzell kontakt@kultursaat.org



Exakte Unkrautbekämpfung, natürlich vom Spezialisten



Kress Umweltschonende Landtechnik GmbH
Tel.: +497042 37 665-0 info@kress-landtechnik.de
www.kress-landtechnik.de